

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR-EL OUED
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



Mémoire

**Présenté par : Ben haniche badreddine , Benyahya yassine Doua
Ahmed yacine et Driche Abdelali**

**Pour l'obtention du Diplôme de Master en Systèmes de
télécommunication**

Spécialité : Systèmes de télécommunication

Mémoire

**Etude et simulation la diffraction d' un réseau de
fentes**

Devant le jury composé de :

- Mr. CHEMSA ALI	Dr UNV (EL OUED)	Président
- Mr. HETTIRI MESSAOUD	Dr UNV (EL OUED)	Encadreur
- Mr. SADOUD ALI	Dr UNV (EL OUED)	Co-Encadreur
- Mr. HIMA ABDELKADER	Dr UNV (EL OUED)	Examineur

Année universitaire : 2021/2022

DÉDICACES

Au nom de celui qui s'est avancé et dont la puissance est exaltée, louange à Dieu qui a enseigné par la plume, ma souffrance m'a appris que la vie est une douleur cachée par l'espérance et l'espérance qui s'accomplit par le travail, et puis une personne sera récompensée pour ce qu'elle a fait...

Je dédie cet humble travail
À celui qui m'a appris à faire face aux difficultés et à sacrifier sa vie pour mon éducation et mon éducation, à celui qui, mon maître, si je te loue pour l'éternité, je ne pourrai pas accomplir, tu as raison de tendre, Cher Père, que Dieu te protège et prenne soin de toi.

À celle dont la grâce est ininterrompue et sa bonté sans fin, à celle qui est restée éveillée dans la prière et la confusion
En attendant mon diplôme, à celle qui a longtemps fait appel à ma réussite, symbole de tendresse et d'éducation, à ma mère
Cher Dieu vous bénit ainsi que votre famille.

À tous mes frères et sœurs, à tous mes amis, proches et parents;
À ma chère épouse et bien-aimée A mes enfants bien-aimés;
À tous les professeurs respectés à tous les niveaux;
À tous ceux qui ont été oubliés de ma plume et non oubliés de mon cœur;
À mes camarades de classe.

Ben haniche badreddine , Benyahya yassine , DOUA Ahmed yacine et Driche Abdelali

REMERCIEMENTS

Dieu soit loué, qui nous a permis d'atteindre cette position, que nous n'aurions atteinte que par sa grâce, louange à Dieu Tout-Puissant, qui m'a inspiré la patience et la constance et m'a donné la force et la détermination pour le faire poursuivre ma formation.

Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé à remplir ce mémoire, en particulier pour le mentionner Professeur superviseur : SADOUN ALI. Qui n'a pas lésiné sur moi pour aider et fournir les conseils et orientations nécessaires.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction générale	1
1 Réfraction et Defraction de la lumière	2
1.1 Introduction	3
1.2 Rappel sur l'optoélectronique :	3
1.2.1 Optique ondulatoire	3
1.2.2 Optique géométrique	3
1.2.3 Optique quantique	4
1.3 Théorie électromagnétique de la lumière	4
1.4 Lois de Snell-Descartes :	6
1.4.1 Loi de la réflexion	6
1.5 Réfraction limite - Réflexion totale	7
1.5.1 Propagation vers un milieu plus réfringent ($n_1 < n_2$)	7
1.5.2 Propagation vers un milieu moins réfringent ($n_1 > n_2$)	7
1.5.3 Définition de la diffraction	9
1.5.4 L'angle caractéristique de diffraction	10
1.5.5 Diffraction par une ouverture rectangulaire :	10
1.5.6 Diffraction par une fente :	11
1.5.7 Diffraction par N fentes (réseau de fente) :	12
1.5.8 Les phénomènes d'interférences	14
1.6 Conclusion	15
2 Les fibres optique et Réseaux de Bragg	17
2.1 Introduction	18
2.2 historique	18
2.3 La fibre optique	18
2.4 Présentation générale des fibres	19
2.5 Caractère monomode/ multimode	19
2.6 Atténuation	20
2.7 Applications de la fibre optique :	21
2.8 Les avantages de la fibre optique	21
2.9 Les réseaux de Bragg	21

2.9.1	Différents types de réseaux de Bragg	22
2.10	Conclusion	25
3	Généralité Les lasers	28
3.1	Les lasers fêtent leurs 50 ans	29
3.2	Principe général d'un laser :	29
3.2.1	Absorption :	30
3.2.2	Émission stimulée :	30
3.2.3	Émission spontanée :	31
3.3	Les éléments constitutifs d'un laser :	31
3.3.1	Pompage Optique :	31
3.3.2	Pompage Électrique :	32
3.4	Différents types de lasers[3]	32
3.4.1	Laser à Gaz :	32
3.4.2	Lasers à liquide (colorants)[3-5] :	33
3.4.3	Lasers Solides :	33
3.4.4	Laser à semi-conducteur (diode laser) :	33
3.5	Lasers monomodes :	35
3.5.1	Lasers à rétroaction répartie (DFB) :	35
3.5.2	Laser à réflexion de Bragg répartie (DBR) :	35
3.5.3	DFB contre DBR :	35
3.5.4	Laser à émission verticale (VCSEL) :	36
3.6	Conclusion	37
4	Résultats et Interprétations	40
4.1	Introduction	41
4.2	Diffraction par ouverture rectangulaire	41
4.2.1	Diffraction par fente :	43
4.2.2	Diffraction par N fente (réseau en transmission) :	44
4.3	Conclusion :	50
	Conclusion générale	51

TABLE DES FIGURES

1.1	<i>Propagation d'une onde électromagnétique dans le vide.</i>	4
1.2	<i>la réflexion.</i>	6
1.3	<i>la réflexion.</i>	7
1.4	<i>la réflexion.</i>	8
1.5	<i>la réflexion.</i>	8
1.6	<i>Phénomène de diffraction à la surface d'une cuve à ondes.</i>	9
1.7	<i>Écart angulaire de diffraction .</i>	10
1.8	<i>la diffraction d'un rectangle .</i>	11
1.9	<i>Fente avec la largeur a dans la direction de x et la largeur b » dans la direction de y .</i>	12
1.10	<i>Courbe de diffraction d'une fente .</i>	12
1.11	<i>Schéma de plusieurs fentes parallèles et équidistances. .</i>	13
1.13	<i>Superposition d'ondes en phase et en opposition de phase .</i>	14
2.1	<i>Structure d'une fibre optique .</i>	19
2.2	<i>Différents types de fibre optique.</i>	20
2.3	<i>la puissance d'enter et la puissance de sortie dans fibre optique.</i>	20
2.4	<i>L'atténuation dans les fibres optiques.</i>	21
2.5	<i>Réseau de Bragg uniforme inscrit dans : (a) une fibre optique, (b) un guide d'onde.</i>	22
2.6	<i>Schéma d'un réseau à pas variable linéaire inscrit dans une fibre optique : (a) chirpé positif, et (b) chirpé négatif.</i>	23
2.7	<i>Réseau de Bragg apodisé et spectres correspondants.</i>	24
2.8	<i>Schéma décrivant la structure du réseau de Bragg à fibre optique .</i>	24
3.1	<i>Principe général d'un laser.</i>	30
3.2	<i>Le processus d'absorption.</i>	30
3.3	<i>Le processus d'émission stimulée .</i>	31
3.4	<i>Le processus d'émission spontanée .</i>	31
3.5	<i>pompage : a) transversal, et b) longitudinal. .</i>	32
3.6	<i>a) laser à homo-jonction, b) principe du laser à homo-jonction .</i>	34
3.7	<i>Présentation d'un puits quantique.</i>	34
4.1	<i>Diffraction par une ouverture rectangulaire ($a=0.1$, et $h=0.2\text{mm}$) en 2D.</i>	41
4.2	<i>Diffraction par une ouverture rectangulaire ($a=0.1$, et $h=0.2\text{mm}$) en 3D.</i>	41

TABLE DES FIGURES

4.3	<i>Diffraction par une fente ($a=0.1$, et $h=0.2\text{mm}$) en 2D</i>	42
4.4	<i>Diffraction par une fente ($a=0.1$, et $h=0.2\text{mm}$) en 3D</i>	43
4.5	<i>Diffraction par une fente ($a=0.1$, et $h=5\text{mm}$) en 2D.</i>	43
4.6	<i>Diffraction par une fente ($a=0.1$, et $h=5\text{mm}$) en 3D.</i>	44
4.7	<i>Diffraction par deux fentes ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 2D.</i>	44
4.8	<i>Diffraction par deux fentes ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 3D.</i>	45
4.9	<i>Diffraction par 3 fente ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 2D.</i>	45
4.10	<i>Diffraction par 3 fente ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 3D.</i>	46
4.11	<i>Diffraction par 5 fente ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 2D.</i>	46
4.12	<i>Diffraction par 5 fente ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 3D.</i>	47
4.13	<i>Diffraction par 10 fente ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 2D.</i>	47
4.14	<i>Diffraction par 10 fente ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 3D.</i>	48
4.15	<i>Diffraction par 15 fente ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 3D.</i>	48
4.16	<i>Diffraction par 15 fente ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 3D.</i>	49

LISTE DES TABLEAUX

4.1	<i>Comparaison entre les résultats pratiques et théoriques pour différent N.</i>	49
4.2	<i>les Intensité (I/I_0) Max.</i>	49

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Pour les télécommunications, la lumière s'avère être un très bon vecteur du fait de son insensibilité aux perturbations électromagnétiques et de sa haute fréquence (10^{14} Hz) permettent d'envisager de hauts débits de transmission.

Les réseaux de Bragg sont de plus en plus utilisés dans les systèmes de communications et plus particulièrement dans les émetteurs à diode laser. Ils sont apparus à la fin des années soixante-dix mais ils n'étaient considérés à cette époque que comme une simple curiosité de laboratoire. Ce n'est que quinze ans plus tard, avec la mise au point de techniques de fabrication adaptées à l'industrie, qu'ils ont commencé à se développer.

La réalisation du présent travail est répartie en quatre chapitres, dans le premier chapitre nous passerons de quelque notion de base sur l'optoélectronique à savoir la théorie électromagnétique de la lumière.

Le deuxième chapitre, sera consacré à l'étude théorique générale des fibres, Applications de la fibre optique, Les avantages de la fibre optique et enfin l'étude théorique des réseaux de Bragg.

Dans le troisième chapitre nous présenterons Les lasers fêtent leurs 50 ans, Principe général d'un laser, Les éléments constitutifs d'un laser et enfin Différents types de lasers.

Dans le quatrième chapitre, nous présentons la simulation d'un réseau plan de fentes écrite en MATLAB.

Nous terminerons notre travail par une conclusion générale où seront rassemblés nos principaux résultats et présentées quelques perspectives de ce travail.

CHAPITRE 1

RÉFRACTION ET DEFRACTION DE LA LUMIÈRE

1.1 Introduction

Nous allons étudier dans ce chapitre les réseaux de diffraction qu'est la structure de base utilisée dans les dispositifs optoélectroniques à rétroaction, tout en rappelant les notions fondamentales de la lumière liées à ce sujet.

1.2 Rappel sur l'optoélectronique :

L'optique est un domaine de la physique qui étudie les propriétés de la lumière dans l'interaction lumière-matière. Dans ce cadre, plusieurs théories ont été élaborées sur la nature de la lumière. Chacune de ces théories n'explique qu'une partie des phénomènes physiques relatifs à la lumière. En fait, la lumière est une entité propre qui a un double comportement : un comportement ondulatoire et un comportement corpusculaire. On parle alors de dualité onde-corpuscules. Pour cette raison, l'optique est divisée en sous-domaines qui se sont souvent créés de façon historique. Les sous-domaines ont été classés suivant la comparaison entre les longueurs caractéristiques (D) du milieu considéré et la longueur d'onde de la lumière (λ) : [1][2]

1.2.1 Optique ondulatoire

L'optique physique ou optique ondulatoire est la discipline qui étudie la lumière en la considérant comme étant une onde électromagnétique et s'intéresse plus particulièrement aux phénomènes affectant les ondes, comme les interférences et la diffraction.

Dans cette théorie on considère que la lumière est une onde, comme toutes les ondes électromagnétiques (sonore par exemple), elle peut se propager dans les milieux comme dans le vide. La théorie ondulatoire est la plus utilisée pour expliquer plusieurs phénomènes.

1.2.2 Optique géométrique

L'optique géométrique est une branche de l'optique qui s'appuie notamment sur le modèle du rayon lumineux. Cette approche simple permet entre autres des constructions géométriques d'images, d'où son nom. Elle constitue l'outil le plus flexible et le plus efficace pour traiter les systèmes dioptriques et catadioptriques. Elle permet ainsi d'expliquer la formation des images.

L'optique géométrique (la première théorie optique formulée) se trouve validée a posteriori par l'optique ondulatoire, en faisant l'approximation que tous les éléments utilisés sont de grande dimension devant la longueur d'onde de la lumière

1.2.3 Optique quantique

L'optique quantique envisage l'aspect corpusculaire (photon) de la lumière, dans ses échanges d'énergie avec la matière. Ce photon est caractérisé par une masse (mph) nulle, et une énergie ($E=h\nu$).

1.3 Théorie électromagnétique de la lumière

Dans le cadre de l'optique ondulatoire, on considère que la lumière est une onde lumineuse représentée par la combinaison des deux champs : électrique $\vec{E}$ et magnétique $\vec{H}$ [figure (1.1)].[4]

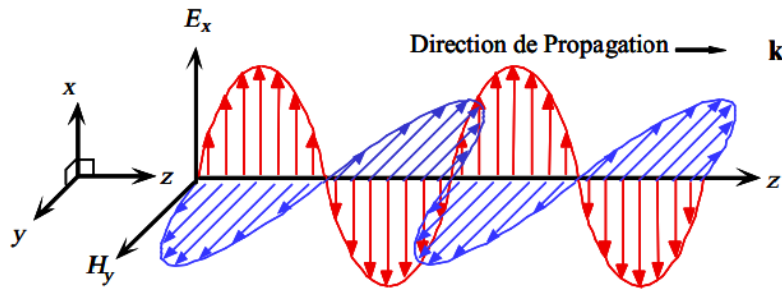


FIGURE 1.1 – Propagation d'une onde électromagnétique dans le vide.

Les deux champs $\vec{E}$ et $\vec{H}$ satisfaisant aux équations de Maxwell, qui relient les composantes du champ électromagnétique entre elles par des dérivées partielles complexe par rapport aux variables de l'espace et du temps :

Equations de Maxwell dans le vide

Dans le vide, les densités de charges et de courants sont nulles. Les equations de Maxwell se simplifient donc sous la forme

$$\text{div}E = 0; \text{rot}E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (1.1)$$

$$\text{div}B = 0; \text{rot}B = \epsilon_0\mu_0 - \frac{\partial E}{\partial t} \quad (1.2)$$

On remarque que les champs électromagnétiques dans le vide vérifient $\text{div } E = 0$ et $\text{div } B = 0$. Ce sont des champs transverses.

Equation d'onde

A partir des équations de Maxwell dans le vide, on établit

$$\text{rot}(\text{rot} E) = \left(-\frac{\partial B}{\partial t}\right) = -\frac{\partial(\text{rot} B)}{\partial t} = -\varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad (1.3)$$

On a également

$$\text{rot}(\text{rot} E) = \text{grad}(\text{div} E) - \Delta E = -\Delta E \quad (1.4)$$

car $\text{div} E = 0$ dans le vide. On en déduit que le champ électrique $E(r, t)$ obéit à l'équation d'onde (ou équation de d'Alembert)

$$\Delta E - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0 \quad (1.5)$$

$$\Delta B - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 B}{\partial t^2} = 0 \quad (1.6)$$

Les équations de Maxwell prédisent donc l'existence d'ondes électromagnétiques se propageant dans le vide. Ces ondes ont été découvertes par Hertz en 1888, après la mort de Maxwell (1831-1879) qui n'aura donc pas eu de preuve de l'existence de ces ondes de son vivant.

Equation de Helmholtz

En régime monochromatique, on a $E(r, t) = \text{Re}[E(r) \exp(-i\omega t)]$ et à partir de l'Eq. (6.1) on montre directement que l'amplitude complexe du champ vérifie l'équation de Helmholtz :

$$\Delta E(r) + \frac{\omega^2}{c^2} E(r) = 0 \quad (1.7)$$

L'intérêt de cette équation, qui dans le vide apparaît comme une conséquence triviale de l'équation d'onde, deviendra évident lors de l'étude de la propagation dans les milieux matériels en présence de dispersion.

1.4 Lois de Snell-Descartes :

1.4.1 Loi de la réflexion

Soit le dioptré (surface séparant deux milieux distincts) plan de la figure 1. Angle d'incidence i , angle de réflexion i' (Figure 1,2).

Le faisceau réfléchi est dans le plan d'incidence (plan formé par la normale au dioptré et le faisceau incident).

Ces angles vérifient $i_1 = i'_1$ (Première loi de Descartes)

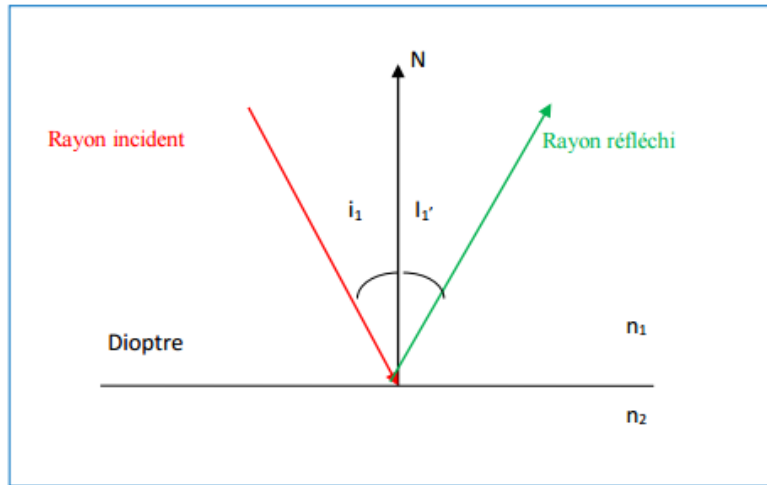


FIGURE 1.2 – la réflexion.

Lorsque la lumière tombe sur le plan de séparation entre deux milieux, une partie de la lumière est réfléchie dans le milieu la première selon la loi de réflexion, et une partie pénètre dans le milieu deux. Le rayon lumineux change de sens de propagation en passant du milieu la première au milieu deux, il est réfracté. Ce processus est appelé "réfraction de la lumière". Les rayons qui pénètrent dans le second milieu sont appelés rayons réfractés.

L'angle de réfraction est l'angle entre le rayon réfracté et la normale. La seconde loi de la réfraction de Descartes s'écrit symétriquement selon la relation Prochain :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \quad (1.8)$$

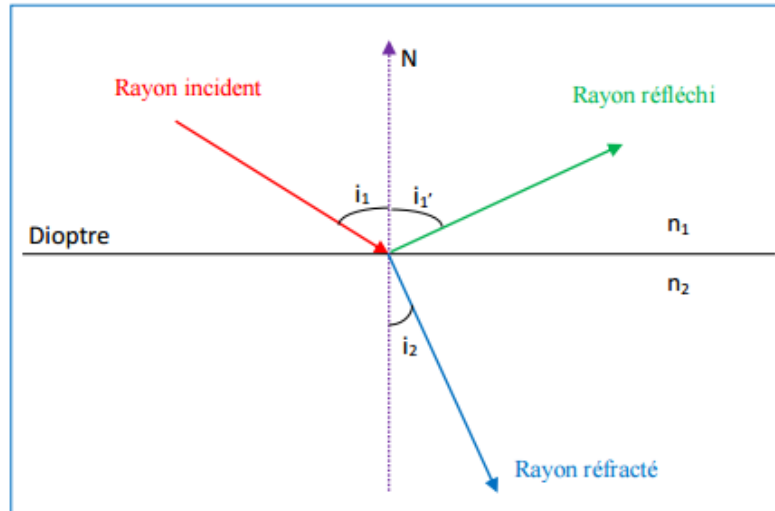


FIGURE 1.3 – la réflexion.

1.5 Réfraction limite - Réflexion totale

1.5.1 Propagation vers un milieu plus réfringent ($n_1 < n_2$)

Si un rayon se propage vers un milieu plus réfringent après avoir traversé une surface de séparation (Figure 1.3), les angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2 sont liés par la relation :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \quad (1.9)$$

avec

$$n = \frac{n_2}{n_1} \geq 1 \quad (1.10)$$

Ainsi, i_2 est toujours inférieur à i_1 et le rayon incident, dévié après réfraction, se rapproche toujours de la normale à la surface de séparation. Le rayon réfracté existe toujours mais son angle avec la normale atteint une valeur limite qui correspond à $i=90$. C'est l'incidence rasante. Elle induit un angle de réfraction limite (i_{lim}) donné par :

1.5.2 Propagation vers un milieu moins réfringent ($n_1 > n_2$)

Si un rayon traverse une surface de séparation et se propage vers un milieu moins réfringent (Figure 1.4), les angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2 sont toujours liés par la relation suivante :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \quad (1.11)$$

$$n = (n_2/n_1) < 1 \quad (1.12)$$

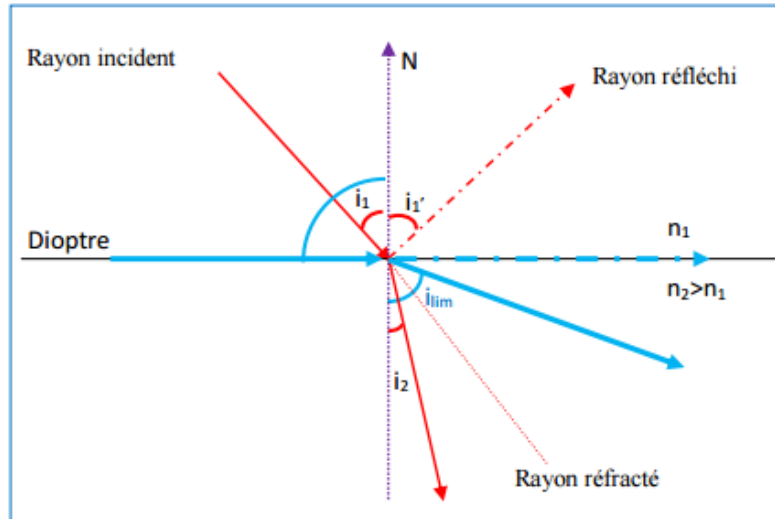


FIGURE 1.4 – la réflexion.

Ainsi i_2 est toujours supérieur ou égal à i_1 et le rayon incident, dévié après réfraction, s'écarte toujours de la normale à la surface de séparation. Dans ce cas, le rayon réfracté n'existe plus pour un angle d'incidence supérieur à un angle limite i_{lim} dont la valeur est fixée par :

$$\sin i_{lim} = n_2 / n_1 \quad (1.13)$$

On est alors en situation de réflexion totale, il n'y a plus de rayon réfracté.

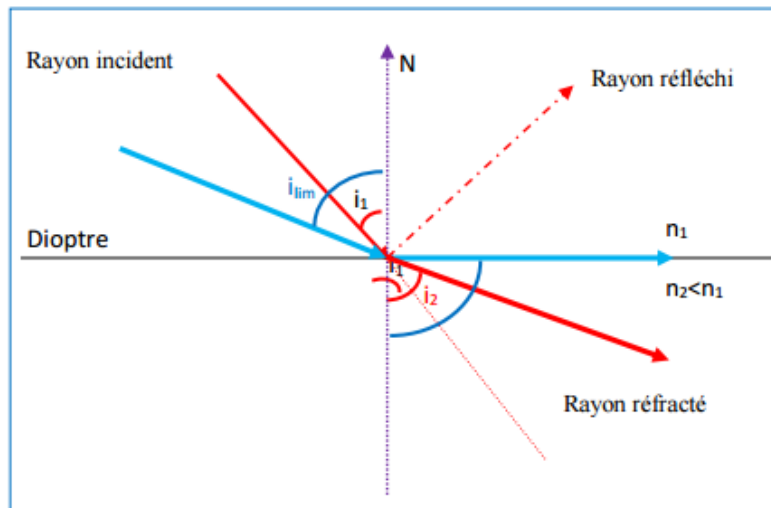


FIGURE 1.5 – la réflexion.

1.5.3 Définition de la diffraction

Le phénomène de diffraction se produit lorsqu'une onde rencontre une ouverture ou un obstacle de faible dimension par rapport à sa longueur d'onde. On observe un étalement des directions de propagation de l'onde.

On peut observer le phénomène de diffraction avec une cuve à ondes. Lorsqu'une onde plane, caractérisée par une direction de propagation unique, rencontre une fente de faible dimension par rapport à sa longueur d'onde, elle émerge en se propageant dans plusieurs directions, telle une onde circulaire. Certaines directions sont caractérisées par une amplitude minimale.[7]

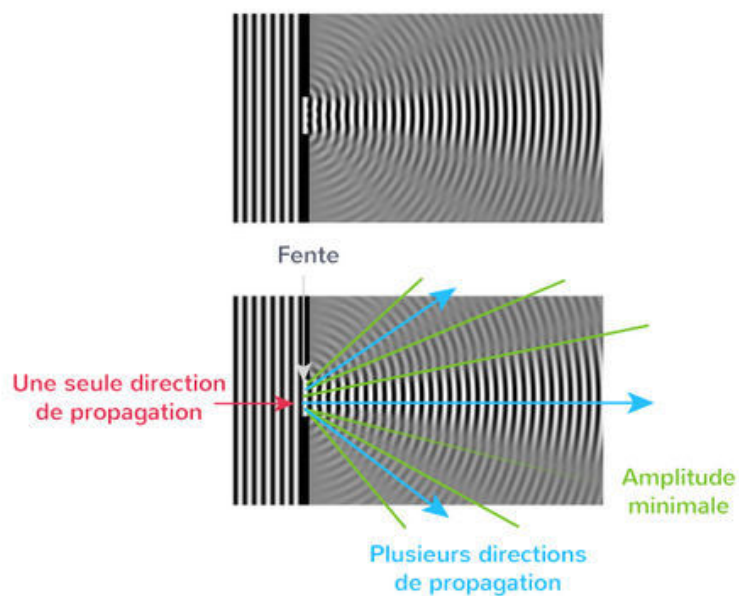


FIGURE 1.6 – Phénomène de diffraction à la surface d'une cuve à ondes.

1.5.4 L'angle caractéristique de diffraction

L'angle caractéristique de diffraction (ou écart angulaire), noté généralement θ , représente l'angle entre le centre de la tache centrale et le centre de l'extinction qui la sépare des premières taches latérales.[8]

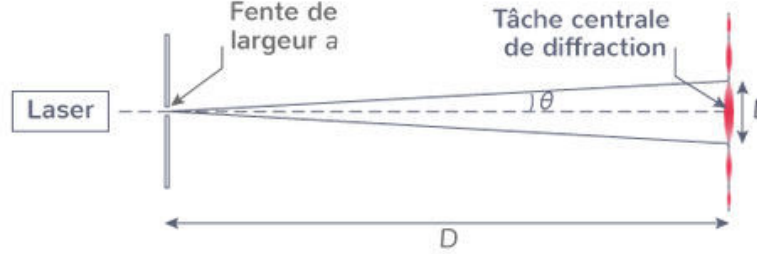


FIGURE 1.7 – Écart angulaire de diffraction .

1.5.5 Diffraction par une ouverture rectangulaire :

Reprenons le cas d'une onde plane monochromatique frappant perpendiculairement une ouverture rectangulaire (largeur a , et hauteur b) percée dans une plaque [Figure (1.5)] et étudions la figure de diffraction apparaissant sur l'écran espacé à l'ouverture d'une distance R . Le champ diffracté sur l'écran est donné par les relations suivantes :[9][10]

$$E(x_i, y_i) = E \iint e^{-j(k_x a_x + k_y b_y)} dx_a dy_a \quad (1.14)$$

$$E(x_i, y_i) = E \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} e^{-j(k_x a_x)} dx_a \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} e^{-j(k_y b_y)} dy_a \quad (1.15)$$

Ce qui évalue au produit de transformé de Fourier dans les deux directions. Le diagramme diffraction dû à une ouverture rectangulaire, E_R est donc ;

$$E_R(x_i, y_i) = Eab \operatorname{sinc} \left[\frac{ak_x}{2} \right] \operatorname{sinc} \left[\frac{bk_y}{2} \right] \quad (1.16)$$

Ou, en fonction de l'angle,

$$E_R(\theta) = Eab \operatorname{sinc} \left[\frac{a\pi}{\lambda} \sin \theta_x \right] \operatorname{sinc} \left[\frac{b\pi}{\lambda} \sin \theta_y \right] \quad (1.17)$$

Ou, en fonction de l'angle,

$$I_R(\theta) = |E_R(\theta)|^2 \quad (1.18)$$

$$I_R(\theta) = I(ab)^2 \operatorname{sinc}^2 \left[\frac{a\pi}{\lambda} \sin \theta_x \right] \operatorname{sinc}^2 \left[\frac{b\pi}{\lambda} \sin \theta_y \right] \quad (1.19)$$

La figure (1.5) montre la figure de diffraction d'un rectangle, on peut remarquer que la puissance lumineuse est concentrée dans la tache centrale ; La demi-largeur

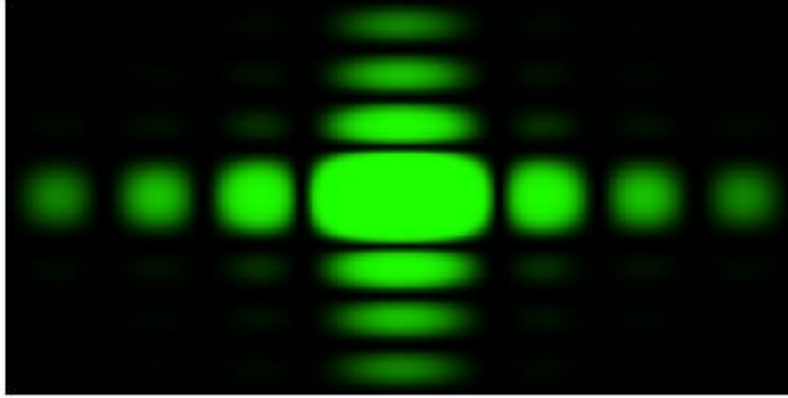


FIGURE 1.8 – la diffraction d'un rectangle .

de la tache centrale dans les directions x , et y est donné par :

$$\begin{cases} \delta x = \sin \theta_x = \frac{\lambda R}{a} \\ \delta y = \sin \theta_y = \frac{\lambda R}{a} \end{cases} \quad (1.20)$$

1.5.6 Diffraction par une fente :

La diffraction par fente est un modèle théorique utilisé pour simuler les phénomènes de diffraction en optique. La diffraction en fente peut également être utilisée pour décrire des motifs de diffraction obtenus avec des lignes placées sur le trajet d'un rayon lumineux grâce au principe de Barbinet.

la largeur fente est une ouverture (a), centrée sur l'origine . Du fait de la symétrie par translation du problème, on ne considère les variations d'intensité que sur un seul axe x .

Dans le cas de la fente est le même qu'une ouverture rectangulaire, sauf que la hauteur b est plus grand que la longueur d'onde [$b \gg \lambda$], c'est-à-dire que la diffraction se fait par la largeur a ($a \approx \lambda$) [figure (1.6)]. avec Le diagramme diffraction dû à une ouverture rectangulaire, EF est donc :

$$E_F(x_i) = E.ab \operatorname{sinc} \left[\frac{ak_x}{2} \right] \quad (1.21)$$

Ou, en fonction de l'angle,

$$E_F(\theta) = Eab \operatorname{sinc} \left[\frac{a\pi}{\lambda} \sin \theta \right] \quad (1.22)$$

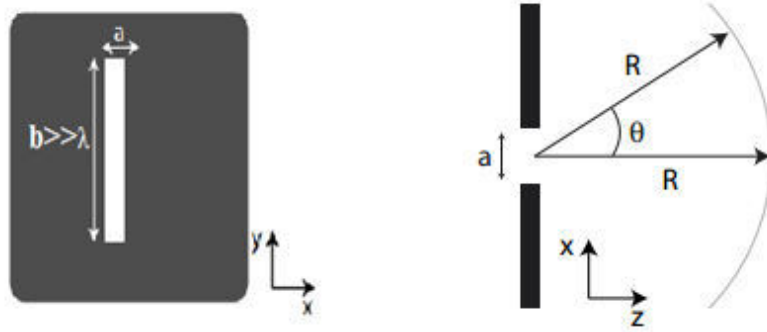


FIGURE 1.9 – Fente avec la largeur a dans la direction de x et la largeur $b \gg \lambda$ dans la direction de y .

La figure (1.7) représente la figure de diffraction pour une fente, la puissance lumineuse est toujours concentrée dans la tache centrale, mais cette fois la diffraction est seulement selon la direction x .

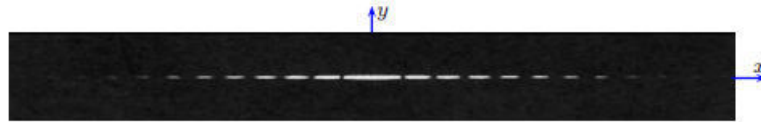


FIGURE 1.10 – Courbe de diffraction d'une fente.

1.5.7 Diffraction par N fentes (réseau de fente) :

Supposant maintenant, que la lumière va traverser un nombre de fentes N parallèles et équidistances, chaque fente est d'une largeur a , et la distance entre deux fentes successives égales à b [Figure (I.17)].

On étudie la diffraction à l'infini sous un angle. On constate que dans ces conditions, la lumière est fortement diffractée par chaque fente.

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{a} \quad (1.23)$$

Les N fentes constituent des sources secondaires cohérentes. Sommons à nouveau leurs amplitudes complexes, en prenant comme origine la première fente :

$$E_1(\theta) = Eab \operatorname{sinc} \left[\frac{a\pi}{\lambda} \sin \theta \right] \quad (1.24)$$

La figure (1.8) représente l'intensité diffractée par un nombre N de fentes, d'après cette figure on peut conclure que l'intensité diffractée inclut deux fonction :

▷ la fonction $\operatorname{sinc}^2 \left(\frac{a\pi}{\lambda} \sin \theta \right)$, qui représente la diffraction.

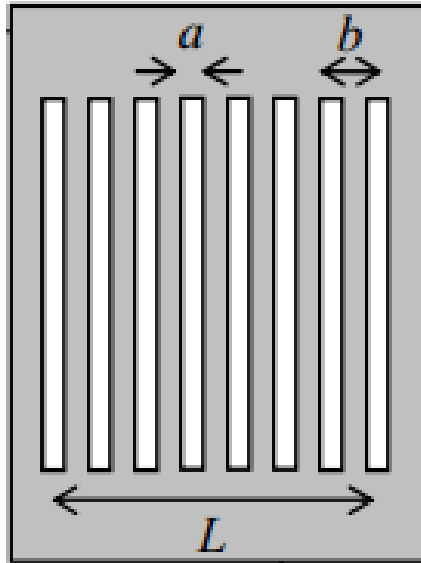


FIGURE 1.11 – Schéma de plusieurs fentes parallèles et équidistances. .

▷ la fonction $\left(\frac{\sin\left(\frac{N\varphi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)} \right)^2$, qui représente l'*interference*.

1.5.8 Les phénomènes d'interférences

Le phénomène d'interférence est la superposition de deux ondes de même nature, fréquence et longueur d'onde. Alors ce phénomène d'intensité de la perturbation résultante est la somme des intensités individuelles des deux ondes. Elle est maximale si les ondes sont en phase et minimale si les ondes sont également déphasées.[10]

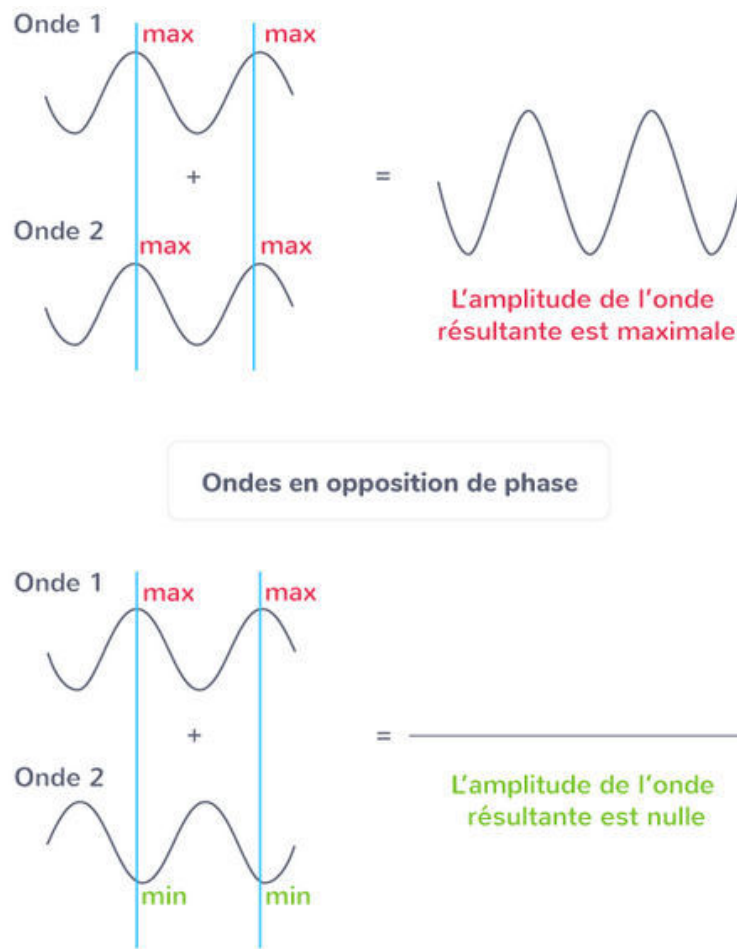


FIGURE 1.13 – Superposition d'ondes en phase et en opposition de phase .

1.6 Conclusion

Dans cette partie nous allons présenter les notions de bases sur l'optoélectronique, Théorie électromagnétique de la lumière, Lois de Snell-Descartes et enfin Réfraction limite - Réflexion totale.

Références

[1] Polycopié de Cours Destiné aux étudiants en 1ère et 2ème année Licence 2019/2020.

[2] Zeineb BEN AHMED, Habib BOUCHRIHA, Samia KADDOUR, « Module d'Optique Géométrique », article, Université Virtuelle de Tunis, 2006.

[3] Justin Peatross, Michael Ware, « Physics of Light and Optics », Brigham Young University, October 5, 2011.

[4] S. A. AKHMANOV, S. YU. NIKITIN, « Physical Optics », CLARENDON PRESS, OXFORD, 7 Jul 1997.

[5] A. salah, E. Bahaa, « fundamentals of photonics », second Edition, Boston university of Florida, WILEY-INTERSCIENCE, 2007.

[6] A. salah, E. Bahaa, « fundamentals of photonics », second Edition, Boston university of Florida, WILEY-INTERSCIENCE, 2007.

[7] Hans Zappe, « Fundamentals of Micro-optics Technology, devices and applications », Cambridge University Press, New York, 2010.

[8] Réseaux de diffraction (Préparation Olympiades de Physique 2006)

[9] http://www.edu.upmc.fr/physique/phys325/IMG/pdf_cours17

[10] Ch Abdallah Étude des LASERS à rétroaction par Réseaux de Bragg UNIVERSITE DJILLALI LIABES DE SIDI-BEL-ABBES 2013

CHAPITRE 2

LES FIBRES OPTIQUE ET RÉSEAUX DE BRAGG

2.1 Introduction

La fibre optique est un guide d'onde qui permet de transporter de l'information grâce à la lumière. Elle est très utilisée dans les réseaux de télécommunications. Nous allons dans ce chapitre, présenter Présentation générale des fibres, les différents types des fibres, Les avantages et les applications de la fibre optique.

2.2 historique

Dès leurs débuts, les télécommunications guidées ont utilisé des fils métalliques pour guider des signaux porteurs d'informations. L'invention du télégraphe par Samuel Morse en 1837 fut d'une grande importance dans les communications longues distances [1].

▷ En 1876, le téléphone a été inventé en transmettant des signaux analogiques par des changements continus de signaux électriques. . Par la suite, ce fut par l'usage direct du rayonnement, que les systèmes de communication se sont affranchis de cette liaison physique.

▷ En 1876, en raison des aléas météorologiques, la sensibilité de la transmission a été testée. Le besoin de propagation dirigée des ondes électromagnétiques est devenu une nécessité

▷ Dans la seconde moitié du XX^e siècle, le développement des transmissions par fibre optique a commencé en grande partie

▷ La première étape a été marquée par l'invention du laser au début des années soixante dix, puis la mise au point de fibres optiques à très faibles pertes [Cassan E. et Cassan S., 2005]. Il y a eu aussi la réalisation des diodes lasers performantes (diodes GaAs, InP).

2.3 La fibre optique

La fibre optique est vite apparue très intéressante pour le domaine des télécommunications. Elle représente un support de transmission dont les nombreux avantages justifiant son introduction dans les systèmes de transmission sont donnés ci-après :[2] ▷ Performances de transmission : Très faible atténuation, très grande bande utilisable, multiplexage possible.

▷ Avantage économique : Moindre coût, en comparaison des autres supports.

▷ Avantages de mise en oeuvre : Très petite taille, grande souplesse, faible poids.

▷ Sécurité électromagnétique : Insensible aux parasites et n'en crée pas, inviola-

bilité presque totale.

▷ Sécurité électrique : Isolation totale entre terminaux, utilisation possible en ambiance explosive ou sous de fortes tensions.

2.4 Présentation générale des fibres

Les fibres reposent sur deux couches de matériau transparent constituées de silice appelée cœur, et de la gaine photonique qui entoure le cœur (Fig. 2.1) Les dimensions de ces fibres sont d'environ une centaine de micromètres. Le diamètre de gaine est généralement de $125\mu m$ mais peut aussi aller jusqu'à $140\mu m$. [1-3]

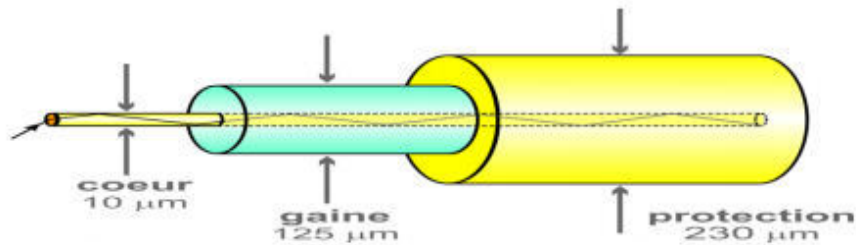


FIGURE 2.1 – Structure d'une fibre optique .

2.5 Caractère monomode/ multimode

Une fibre est dite multimode lorsque plusieurs modes peuvent se propager le long de son axe, par contre, lorsqu'un seul mode peut se propager elle est dite monomode. Introduisons la fréquence normalisée (V), nombre sans dimension, qui devra bien évidemment tenir compte du rayon du cœur (a) :

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} a \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.1)$$

Avec n_1 et n_2 indices de réfraction du cœur et de la gaine respectivement.

si $V \leq 2.405$ la fibre est monomode.

si $V > 2.405$ la fibre est multimode. Le nombre de modes se propageant dans le cœur est égale approximativement à $V^2/2$. Chaque mode possède également une fréquence de coupure en dessous de laquelle il n'est plus guidé.

Les fibres monomodes dénommées SMF (Single Mode Fiber) ont un paramètre très important appelé longueur d'onde de coupure λ_c (cutoff wavelength). Elle spécifie la longueur d'onde en dessous de laquelle la fibre n'est plus monomode.

$$V = \frac{2\pi}{2.405} a \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.2)$$

la figure ci-dessous presents les types de fibres multimodes : à saut d'indice et à gradient d'indice et pour chaque catégorie, différents profils d'indice de réfraction sont possibles

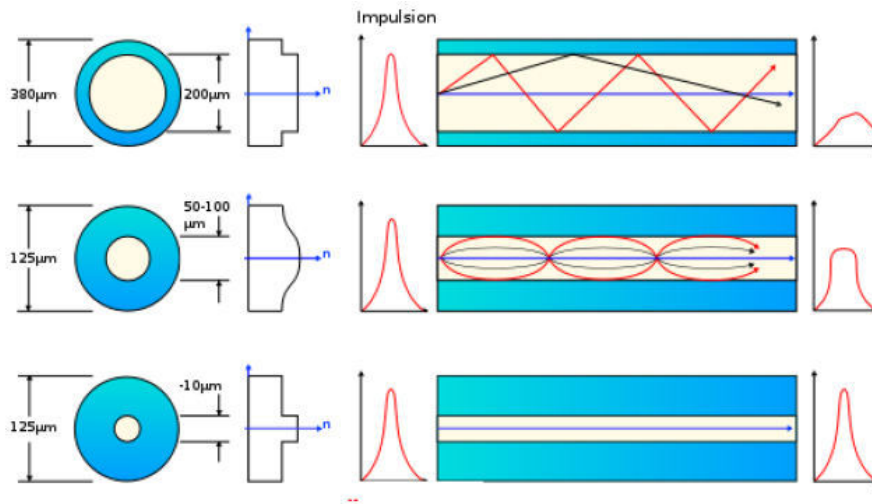


FIGURE 2.2 – Différents types de fibre optique.

2.6 Atténuation

Ces fibres ont également un coefficient d'atténuation α , ce facteur détermine la puissance d'entrée et de sortie de la lumière propagée dans la longueur de la fibre.

$$A(\lambda)_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_0} \right)$$



FIGURE 2.3 – la puissance d'enter et la puissance de sortie dans fibre optique.

L'atténuation est souvent exprimée en dB par la relation

$$\alpha(dB/Km) = -\frac{10}{L} \log \left[\frac{P_s}{P_e} \right] \quad (2.3)$$

Elles sont caractérisées par le coefficient d'atténuation α , déterminé à partir des puissances d'entrée et de sortie de la lumière se propageant dans une fibre de longueur .

Et Figure 2.4 represents L'atténuation dans les fibres optiques

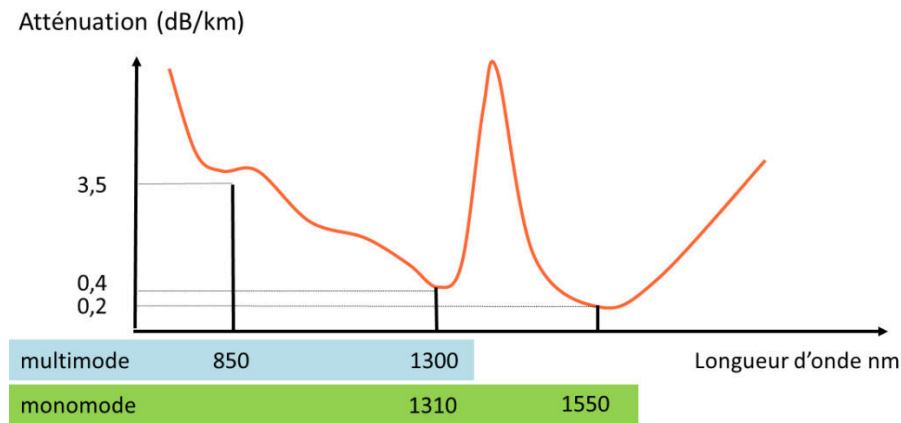


FIGURE 2.4 – L'atténuation dans les fibres optiques.

2.7 Applications de la fibre optique :

Aujourd'hui, la fibre est un système très largement utilisé dans de très nombreux domaines :

- ▷ Domaine de télécommunication.
- ▷ Transmission numérique à haute débit.
- ▷ Réseaux nationaux et internationaux de télécommunications.
- ▷ Réseaux locaux en environnement bruyé.
- ▷ Détection.
- ▷ Domaine médicale.
- ▷ Domaine routier

2.8 Les avantages de la fibre optique

- ▷ Possibilité de mettre un très grand nombre de fibres dans un même câble.
- ▷ Pertes indépendantes de la fréquence de la porteuse.
- ▷ Capacité de transport de l'information plus importante.
- ▷ Pas d'interférences entre les signaux contenus dans deux fibres différentes.
- ▷ Faible dimension par rapport à un cloacale.

2.9 Les réseaux de Bragg

Le réseau de Bragg est un filtre passif photo-induit, dans le cœur d'une fibre optique, permettant la réflexion sélective de longueurs d'onde. Il consiste en une perturbation périodique longitudinale de l'indice de réfraction du cœur de la fibre. Quand la lumière se propage dans la fibre, le réseau réfléchit les longueurs

d'onde qui vérifient la relation : [6]

$$\Delta n_{\text{eff}} \cong \Gamma \Delta n \quad (2.4)$$

Cette modulation d'indice s'obtient par exposition du cœur de la fibre à une intense figure d'interférence, créée à partir d'un laser ultraviolet, qui excite ainsi des défauts dans le cœur de la fibre optique et modifie le verre

2.9.1 Différents types de réseaux de Bragg

Réseau de Bragg uniforme :

Ce sont des réseaux standard dont $\Delta n_{\text{moy}}(z)$, $\theta(z)$, et $\vartheta(z)$ sont constants le long du réseau. Il représente la structure de base pour décrire les différents types de réseaux de Bragg existants [figure (2.5)]. [7]

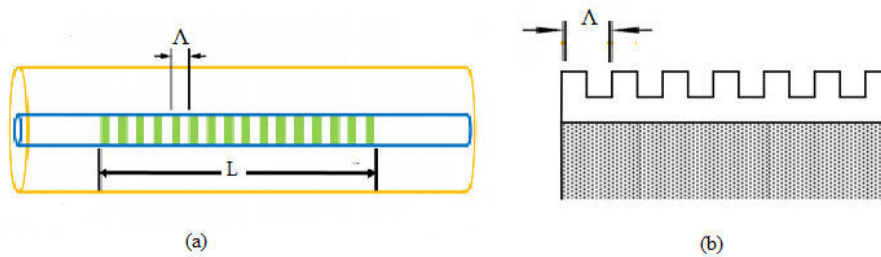


FIGURE 2.5 – Réseau de Bragg uniforme inscrit dans : (a) une fibre optique, (b) un guide d'onde.

Réseau de Bragg à pas variable ou « chirped » :

Le réseau de Bragg à pas variable est un réseau dont la phase $\theta(z)$ est non nulle, le pas Λ du réseau varie le long de réseau. Ce qui permet aussi de varier la longueur d'onde de Bragg λ_B . Dans le cas d'un réseau de Bragg à pas variable linéairement, la variation du pas est définie par : [8-10]

$$\Lambda(z) = \Lambda_0 + B_z \quad (2.5)$$

Et la longueur d'onde de Bragg devienne :

$$\lambda_B(z) = \lambda_0 + B_z \quad (2.6)$$

Où λ_0 la longueur d'onde réfléchi par la première période Λ_0 quand $z = 0$. B et B' sont le chirp physique, et le chirp photonique ils sont définies par :

$$B = \frac{d\Lambda}{dz} \quad (2.7)$$

$$B = \left(\frac{d\lambda_b}{dz}\right)dz \quad (2.8)$$

La relation entre le chirp photonique et physique (C et C') est donnée par :

$$B = \frac{1}{2n_{\text{eff}}} \times B' \quad (2.9)$$

Comme la variation du pas est linéaire, le chirp C devient constante, et suivant le signe de ce dernier on classe les réseaux à pas variable en [figure (2.6)] :

▷ réseau chirpé positif ($B > 0$) : Ces réseaux possèdent, un pas croissant linéairement de la modulation de l'indice de réfraction le long de la direction de propagation. Le premier pas du réseau reflète la longueur d'onde la plus courte 2 Les grandes longueurs 1 en fin de réseau.

▷ réseau chirpé négatif ($B < 0$) : Ces réseaux sont l'inverse du cas précédent, ils possèdent un pas décroissant le long de la direction de propagation, c'est-à-dire que Les grandes longueurs λ_1 d'onde sont réfléchies en début de réseau et les plus courtes λ_2 en fin de réseau.

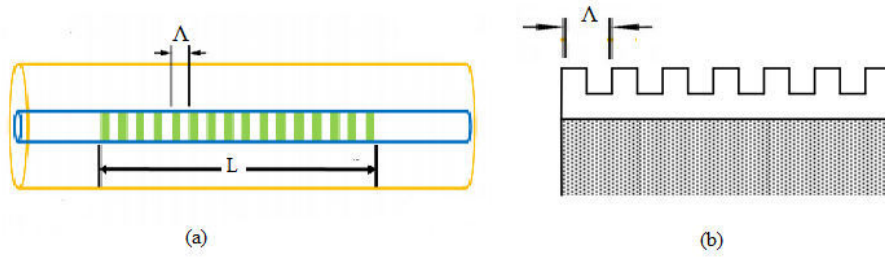


FIGURE 2.6 – Schéma d'un réseau à pas variable linéaire inscrit dans une fibre optique : (a) chirpé positif, et (b) chirpé négatif.

Réseau de Bragg gaussien (apodisé) [10] :

Dans ces réseaux la période peut être constante ou variable le long du réseau, mais l'amplitude de l'indice de modulation varie le long de réseau, cette variation se fait suivant une fonction gaussienne, par deux façon différentes [figure (2.7)].

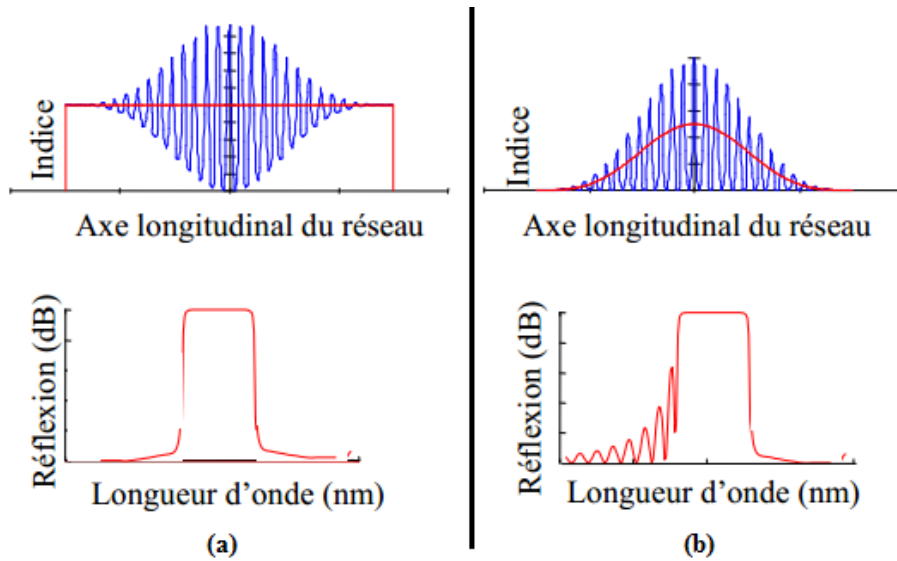


FIGURE 2.7 – Réseau de Bragg apodisé et spectres correspondants.

Réseau de Bragg à saut de phase :

C'est un réseau dont lequel la phase $\theta(z)$ varie par endroit de façon discontinue, par sauts. Cette variation ouvre un pic étroit de transmission. La valeur du saut de phase détermine la position spectrale de pic de transmission dans le spectre (elle est centrée dans le cas d'un saut de π) et la position de ce saut de phase, au sein de la structure du réseau, détermine la profondeur de ce pic supplémentaire [figure (2.8)].[10]

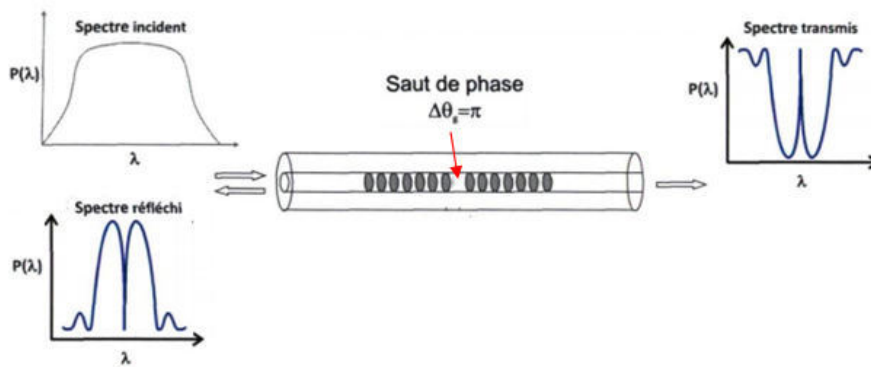


FIGURE 2.8 – Schéma décrivant la structure du réseau de Bragg à fibre optique .

2.10 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté présentation générale des fibres et Applications de la fibre optique enfin nous avons présenté le réseau de Bragg qui est généralement inscrit dans un guide d'onde ou une fibre (FBG) où d'autres dispositifs. On peut trouver plusieurs types de réseau de Bragg, chaque type a des caractéristiques et effets spéciaux sur la lumière.

Références

[1] Benaissa Fatima Etude et Simulation de la Propagation des Ondes Electro-magnétiques dans les guides à Cristaux Photoniques-Application aux Fibres 2012 2013

[2] J. Broeng, S. E. Barkou, T. Sondergaard, and A. Bjarklev, "Analysis of air-guiding photonic bandgap fibers", Opt. Lett., vol. 25, pp. 96-98, 2000

[3] Woillez J. Les Noyaux Actifs de Galaxies en interférométrie optique à tres longue base. Projet 'OHANA. Thèse de Doctorat : Université de Paris XI Orsay, 2003.

[4] Ouassila, « Etude et réalisation des réseaux de Bragg pour des applications photoniques », Thèse de Magister, UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID-TLEMCEN, ALGERIE, Mars 2006.

[5] Ihsan Fsaïfes, « Encodage et décodage temporels 'toute optique' à réseaux de Bragg pour l'accès multiple », Thèse de doctorat, l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris, 25 juin 2007.

[6] Justin Peatross, Michael Ware, « Physics of Light and Optics», Brigham Young University, October 5, 2011.

[7] Martin Bernier, « Inscription de réseaux de BRAGG à fibre optique à l'aide d'impulsions brèves et applications aux lasers à fibre », Thèse de doctorat, Université Laval, QUÉBEC, 2010.

[8] Stéphane GINESTAR, « Réalisation et caractérisation d'un laser DFB bi-mode pour applications radio sur fibre », Thèse de doctorat N d'ordre : 40147, UNIVERSITE DE LILLE 1, France, 4 décembre 2009.

[9] Xunqi WU, « Etude de cavités optique formées de miroirs de Bragg à réseaux à pas variable : application aux filtres et lasers », Thèse de doctorat N d'ordre : 2012-01-TH, Université de Metz, France, 11 Janvier 2012.

[10]Ihsan Fsaifes, « Encodage et décodage temporels 'toute optique' à réseaux de Bragg pour l'accès multiple », Thèse de doctorat, l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris, 25 juin 2007.

[11] Yannick BOURGIN, « Fabrication par masque de phase de réseaux de diffraction d'aire et de période ultimes », Thèse de doctorat, Laboratoire Hubert CURIEN UMR CNRS 5516, Université de Saint-Etienne - Jean MONNET, France, 13 décembre 2010.

CHAPITRE 3

GÉNÉRALITÉ LES LASERS

3.1 Les lasers fêtent leurs 50 ans

Le premier laser a vu le jour en mai 1960, dans un petit laboratoire industriel à Malibu en Californie. Il s'agissait d'un laser à rubis, fonctionnant en impulsions dans le rouge. Son inventeur, Theodore Maiman, créait ainsi le premier « maser optique », concrétisant la proposition faite deux ans plus tôt par Arthur Schawlow et Charles Townes de réaliser un oscillateur optique, sur le modèle des masers inventés en 1954 dans le domaine des micro-ondes. Mais passer au domaine optique était loin d'être évident, et de nombreux chercheurs s'y essayaient dans leur laboratoire. Le succès de Maiman fut suivi rapidement de beaucoup d'autres. Le premier laser hélium-néon fut mis au point quelques mois plus tard par Ali Javan aux Bell Labs. Dans les années suivantes, une grande variété de lasers vit le jour, fonctionnant avec des milieux et des longueurs d'onde de plus en plus diversifiés. De nos jours, cette « curiosité de laboratoire » est devenue un objet courant de la vie quotidienne.[1]

3.2 Principe général d'un laser :

Les lasers sont des dispositifs qui produisent des faisceaux intenses de lumière, où ils sont monochromatiques, directives, et cohérentes dans le temps et dans l'espace. Donc l'effet laser est basé sur l'émission stimulée (induite), ce qui nécessite suffisamment de photons et d'atomes à l'état excité, pour cette raison un laser est constitué de trois éléments essentiels [2] :

- ▷ Un milieu actif : des atomes émetteurs de rayonnement.
- ▷ Un système de pompage : la création d'une inversion de population.
- ▷ Une cavité de résonance : où une réaction optique fait l'amplification.

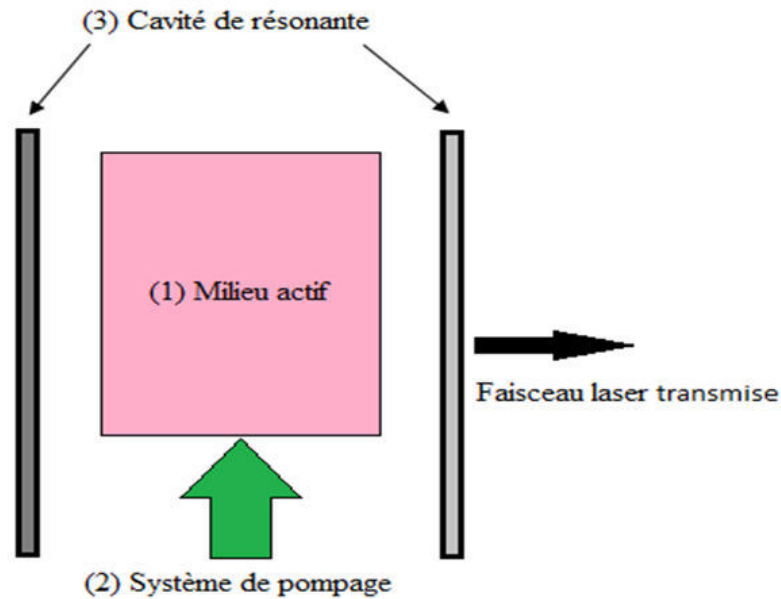


FIGURE 3.1 – Principe général d'un laser.

3.2.1 Absorption :

Lorsqu'un atome est soumis à une onde lumineuse, il peut absorber un photon d'énergie $E = h\nu$ et faire passer ses électrons d'un niveau fondamental E_1 , où ils laissent des places vides appelées trous, vers un niveau excité E_2 . L'absorption est appelée création d'une paire électron-trou ou génération [figure (3.2)][1].

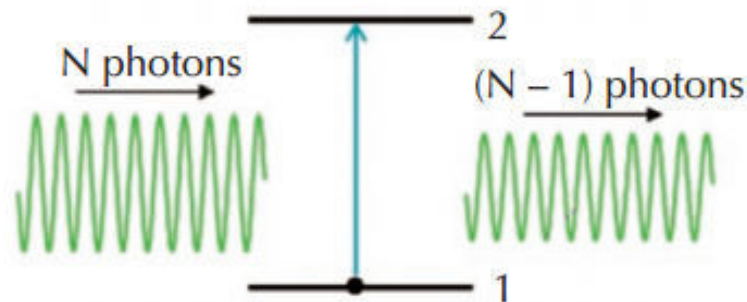


FIGURE 3.2 – Le processus d'absorption.

3.2.2 Émission stimulée :

Un photon d'énergie tombe sur un atome initialement dans l'état excité E_2 , il va le stimuler de faire la transition vers l'état E_1 en émettant un deuxième photon d'énergie identique à l'incident sans absorber le premier..[1]

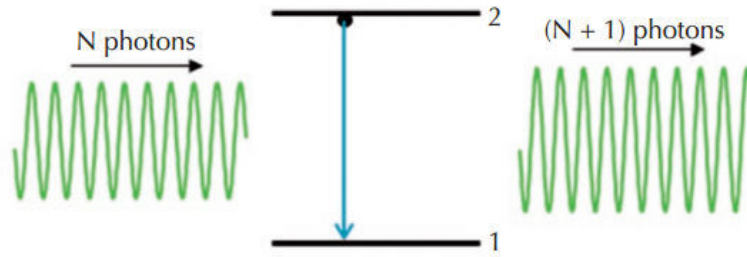


FIGURE 3.3 – Le processus d'émission stimulée .

3.2.3 Émission spontanée :

L'atome est initialement dans l'état excité (instable) E2, il a alors la possibilité de faire la transition vers l'état plus stable E1 spontanément sans influence externe en émettant un photon d'énergie $E = h\nu$. Telles émissions sont généralement aléatoires et par suite la lumière émise est donc incohérente.[1]

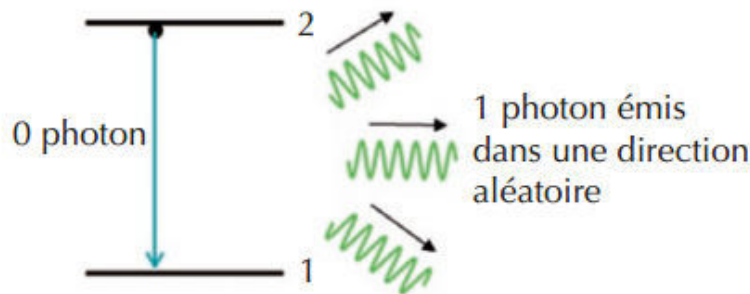


FIGURE 3.4 – Le processus d'émission spontanée .

3.3 Les éléments constitutifs d'un laser :

3.3.1 Pompage Optique :

Il consiste à bombarder les atomes du milieu actif du LASER par des photons (excitation par flash ou laser). [1-2]

3.3.2 Pompage Électrique :

Il consiste à bombarder les atomes du milieu actif par des électrons (excitation par une décharge électrique). Le pompage du milieu actif se fait par deux manières ; la première dite transversal [figure (3.5a)] où le pompage est perpendiculaire à l'onde qui se propage dans la cavité. La deuxième est longitudinale [figure (3.5b)] où on pompe parallèlement à l'onde propageant dans la cavité.

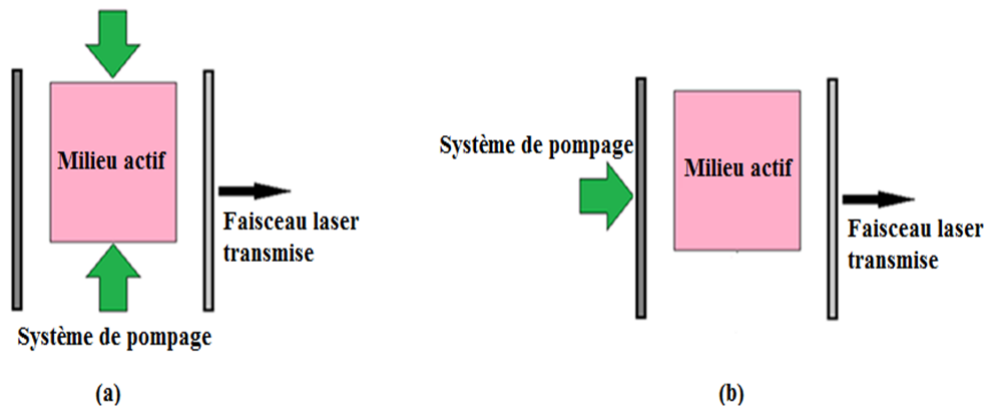


FIGURE 3.5 – pompage : a) transversal, et b) longitudinal. .

3.4 Différents types de lasers[3]

Les lasers sont classés suivant la nature du matériau utilisé dans le milieu actif. Parmi les lasers les plus connus on a :

3.4.1 Laser à Gaz :

C'est un laser dont le milieu actif est un gaz, il peut émettre des rayons dans les trois spectres (visible, l'infrarouge 'IR', Ultraviolet 'UV'). Parmi les lasers à gaz :

▷ le laser hélium-néon.[4]

▷ le laser au gaz carbonique.

▷ le laser à argon.

▷ le laser à azote.

3.4.2 Lasers à liquide (colorants)[3-5] :

Le milieu actif est un colorant organique fluorescent, en solution dans un liquide, il peut émettre des rayons dans tout le spectre visible. Le pompage se fait optiquement (par un autre laser).

3.4.3 Lasers Solides :

Se sont des lasers dont le milieu amplificateur est un cristal(ou verre) dopé avec des ions aux propriétés laser (avec un schéma à 3 ou 4 niveaux). Parmi les lasers à solide : ▷ le laser au néodyme.

- ▷ le laser à rubis.
- ▷ le laser à semi-conducteurs (diode laser).

3.4.4 Laser à semi-conducteur (diode laser) :

La diode laser, encore appelée laser à semi-conducteur, laser à injection, laser à jonction, laser à hétérojonction, laser à puits quantique ou même laser à diode (probablement traduction trop directe de l'anglais : laser diode) est une diode à semi-conducteur, plus précisément une diode électroluminescente, conçue et utilisée de façon à exploiter l'effet LASER.[4.7] La première révolution à partir du laser à homo-jonction fut celle du laser à double hétéro-structure. La seconde, celle du puits quantique, seront abordée dans la section suivante. Pour faire du laser à semi-conducteur un dispositif efficace, qui marche en continu à température ambiante, il a fallu diminuer le courant de seuil à des valeurs inférieures au niveau où la dégradation thermique commence. Diminuer le courant de seuil implique augmenter le gain pour un même courant. Le seul paramètre sur lequel on puisse jouer est la largeur typique de la zone active d , où s'accumulent, sous champ, électrons et trous avant recombinaison. Dans une jonction p-n typique, d vaut de l'ordre de $1\mu m$.[4.7]

Les différents types des lasers à Semi conducteur

- ▷ Laser à homo-jonction

Le laser à jonction (Figure 3.6) est la juxtaposition de deux semi-conducteurs de même nature mais dopés différemment (notion de la jonction p-n).[3]

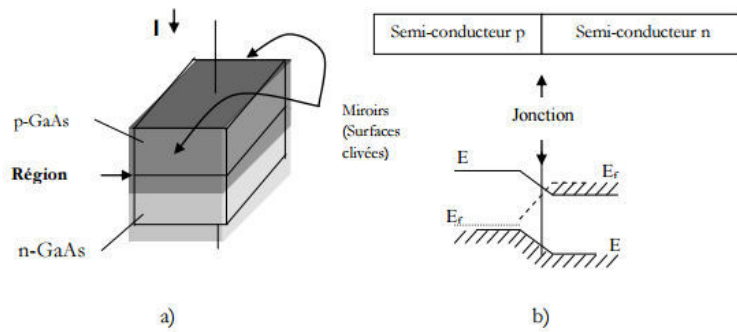


FIGURE 3.6 – a) laser à homo-jonction, b) principe du laser à homo-jonction .

▷ Le laser à double hétéro-structure

La figure 3.7 montre la structure de bande d'une double hétéro-structure. Si les deux semi-conducteurs de la jonction sont de la même composition (par exemple le GaAs, InGaAs, AlGaAs), L'inconvénient de ce type est qu'il nécessite un courant d'injection très élevée autour de 50 kA cm^2 pour atteindre l'inversion de la population. La cause essentielle de ce courant élevé est l'épaisseur de la région de recombinaison ($d = 1 \text{ à } 3 \mu\text{m}$). .

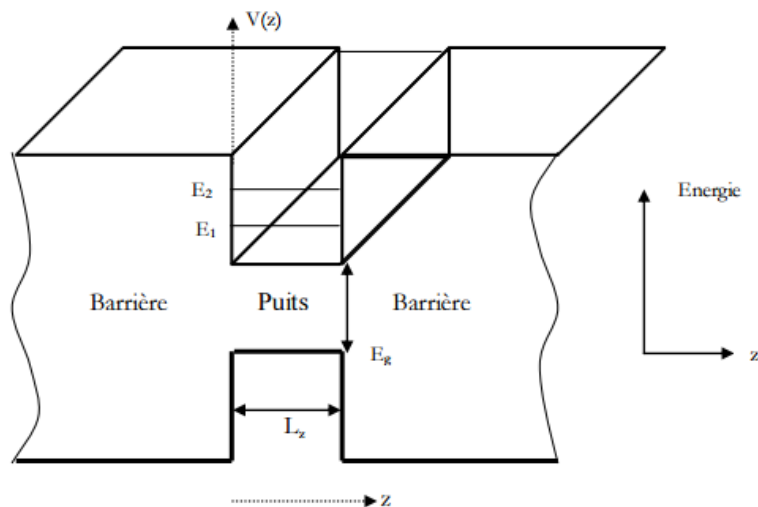


FIGURE 3.7 – Présentation d'un puits quantique.

▷ Le laser à puits quantiques

Concernant les deux avantages du laser à double hétéro-structure (un entonnoir pour les électrons ; un guide pour les photons), on peut se demander quelle est l'épaisseur d optimale pour l'épaisseur de la région active, de plus faible bande interdite.

3.5 Lasers monomodes :

Nous n'avons rappelé jusqu'à présent que des structures laser standard. Un grand nombre de variations ont été proposées afin de réaliser des sources laser d'une pureté spectrale très élevée (monomode). Ces lasers utilisent un réseau de Bragg agissant comme un sélecteur ou filtre en longueur d'onde. La diminution [5] de l'encombrement spectral a permis de faire évoluer le mode de transmission et ainsi d'augmenter la capacité des réseaux de transmission en utilisant plusieurs longueurs d'onde sur une même fibre. On parle alors de multiplexage en longueur d'onde (ou WDM).[6-9]

3.5.1 Lasers à rétroaction répartie (DFB) :

Un laser à rétroaction répartie ou laser DFB (de l'anglais Distributed FeedBack laser) est un laser utilisant un réseau de Bragg qui permet de choisir la longueur d'onde d'émission.

Les propriétés [10] de rétroaction du faisceau laser à l'intérieur du guide d'onde dépendent donc énormément de la longueur d'onde de Bragg, dans le cas d'un réseau périodique, il y a une dégénérescence des modes qui se traduit par le fait que deux modes possédant un gain de seuil équivalent peuvent exister de part et d'autre d'une bande spectrale interdite. Cette dégénérescence [10] peut amener des instabilités et aussi une incertitude sur la longueur d'onde exacte à laquelle il y aura oscillation laser. De plus, les réflexions des facettes du laser clivé vont contribuer à dégrader la pureté spectrale du laser. [10].

3.5.2 Laser à réflexion de Bragg répartie (DBR) :

Un laser DBR (Distributed Bragg Reflector) peut être formé par le remplacement de l'un ou des deux miroirs de la cavité par un réseau de Bragg dont les pas sont choisis de telle sorte que l'émission laser apparaisse à une unique fréquence.

3.5.3 DFB contre DBR :

Les Lasers DFB sont plus faciles à fabriquer et montrent moins de pertes et donc présente un courant de seuil inférieure. Le DBR est largement accordable, mais relativement complexe car beaucoup de structure doit être créée le long de la surface de la plaquette. Pour cette raison les lasers DBR ne se forment que seulement lorsque leurs propriétés sont requises. Cependant, Les deux lasers fonctionnent en monomode. Les structures de laser à semi-conducteur décrites

jusqu'ici ont été développées pour les applications de basse puissance, comme émetteurs dans le domaine de télécommunications. Leur limitation dans la puissance émise due principalement au courant de fuite, qui augmente avec l'augmentation du courant appliqué.

3.5.4 Laser à émission verticale (VCSEL) :

Contrairement aux lasers à émission latérale dont la lumière se propage parallèlement au plan de jonction, les lasers dits à émission par la surface (VCSEL) émettent perpendiculairement au plan des couches. Ces lasers comportent une cavité optique formée entre deux miroirs de Bragg hautement réfléchissant dopés N et P.[11]

3.6 Conclusion

Dans ce chapitre, En premier temps nous avons rappelé Principe général d'un laser et les différents types des lasers, on ait basé sur les diodes laser qui présentent plusieurs avantages. Nous avons aussi présenté l'application de réseau de Bragg dans des diodes laser spéciaux dites à rétroaction, comme les lasers à émission par tranche (Laser à réflexion de Bragg répartie (DBR), Laser à réflexion de Bragg répartie (DBR)), et émission par la surface VCSEL. et nous allons présenter la rôle principale de réseau de Bragg dans ces laser .

Références

Le laser : principe de fonctionnement Catherine Schwob(1) (schwob@insp.jussieu.fr) et Lucile Julien(2)2013

KLOUCH Nawel Etude d'une structure laser à semi conducteurs pour application dermatologique Université d'Oran des Sciences et de la Technologie (USTO-MB) 2015.

[2] F. Bourouba, Modelisation et simulation des contacts metal-semiconducteur à barrière inhomogène, Thèse de doctorat, in : univ setif 2010.

[3] A.U.s.M. SILVACO-TCAD, Silvaco International, California (2004).

[4] M. Tang, Etudes et modélisation compacte du transistor FinFET, Thèse de doctorat,in : Strasbourg, 2009.

Semiconductor Laser", Kluwer Academic, 2nd ed. (1993). [6] Aurélien Bergonzo, « Étude des Lasers Accordables à Réseaux de Bragg Échantillonnés ou à Pas Variables », Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille, France, 18 Décembre2003.

[7] R. Negru, Conception et modélisation de pixels de photodétection : Photodiodes PIN en silicium amorphe en vue de leurs utilisations comme détecteurs de particules, Thèse de doctorat,in : Palaiseau, Ecole polytechnique, 2008.

[8] M. MANCER, Simulation numérique des caractéristiques électriques d'une cellule solaire à double jonction en (AlGaAs/GaAs), Thèse de doctorat, in : Université Mohamed Khider-Biskra, 2012.

[9] David MECHIN, « Etude et réalisation de multiplexeurs insertion-extraction à réseaux de Bragg », Thèse de doctorat, Université Jean Monnet de Saint-Étienne, 20 décembre 2001.

[10]Soda H., Iga K, Kitahara C ,Suhematsu Y "GaInAsP/InP Surface Emitting Injection Laser", Jpn. J. App. Phys., 18, 12, pp.2329-2330 (1979).

R.Dingle, W.WeigmannC.H.He,ry,Phys,Rev.Lett,33.(1974).

[12] Cédric AMAT, « Technologie et caractérisation de VCSELs à détection intégrée pour applications aux communications optiques et à l'instrumentation », Thèse de doctorat, Laboratoire d'analyse et d'Architecture des Systèmes du CNRS, 22 juin 2007.

[8] Benjamin Cocquelin, « Lasers à semi-conducteurs pompés optiquement : Conception et caractérisation d'une source monomode pour la manipulation des atomes de Césium », Thèse de doctorat, Université de Paris Sud XI Faculté des sciences d'Orsay, 12 février 2009.

CHAPITRE 4

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

4.1 Introduction

Nous présenterons dans la suite de ce travail, les principaux résultats obtenus il consiste à tracer la figure de diffraction d'un réseau de N fentes (en transmission) à incidence normale, en passant par la diffraction d'une ouverture rectangulaire et une fente.

ce travail simule par la méthode graphique par le programme Matlab.

4.2 Diffraction par ouverture rectangulaire

Les figures (4.1 et 4.2) présentent Diffraction par une ouverture rectangulaire ($a=0.1$, et $h=0.2\text{mm}$) en 2D et en 3D.

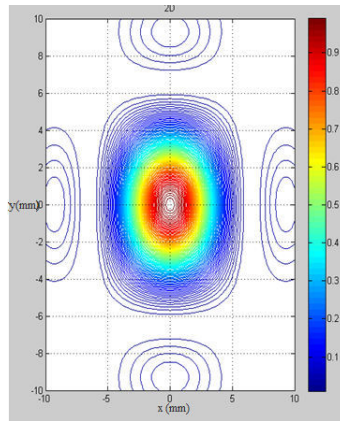


FIGURE 4.1 – Diffraction par une ouverture rectangulaire ($a=0.1$, et $h=0.2\text{mm}$) en 2D.

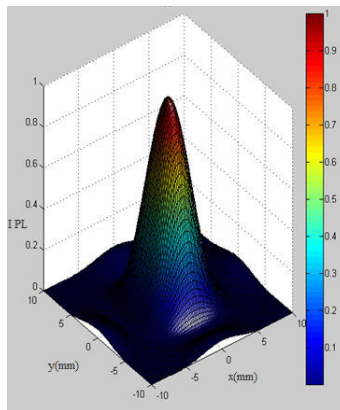


FIGURE 4.2 – Diffraction par une ouverture rectangulaire ($a=0.1$, et $h=0.2\text{mm}$) en 3D.

Nous reportons sur Les figures (4.1 et 4.2), les résultats obtenus de Diffraction par une ouverture rectangulaire ($a=0.1$, et $h=0.2\text{mm}$) en 2D et en 3D. Nous observons que les valeurs de la l'intensité est maximale dans le centre, et diminué lorsqu'on ait loin du centre. La demi-largeur de la tache centrale trouvé est la même dans la direction x et la direction y .

à partir la équation (4.1) nous allons calculer La demi-largeur théorique de la tâche principale :

$$\sin \theta_x = \sin \theta_y = \frac{\lambda.D}{a} \quad (4.1)$$

AN

$$\sin \theta_x = \sin \theta_y = \frac{650.10^{-9}}{10^{-4}} = 6.5.10^{-3} \text{m} = 6.5\text{mm} \quad (4.2)$$

En regardant la figure, on constate que c'est bien la largeur de tâche que l'on trouve (sin

La figure (4.3 et 4.4) représente l'influence de la paramètres (h)On peut remarquer que lorsque on augmente la largeur de la tache centrale diminuée dans la même direction y

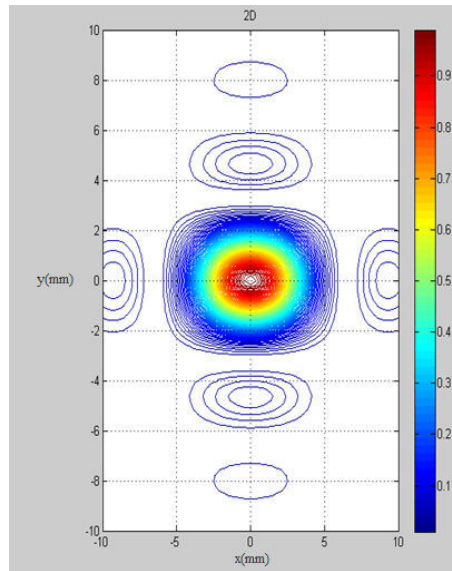


FIGURE 4.3 – Diffraction par une fente ($a=0.1$, et $h=0.2\text{mm}$) en 2D .

les valeurs théorique elle est donnée par :

$$\sin \theta_y = \frac{\lambda.D}{h} \quad (4.3)$$

AN

$$\sin \theta_y = \frac{650.10^{-9}}{2.10^{-4}} = 3.25\text{mm} \quad (4.4)$$

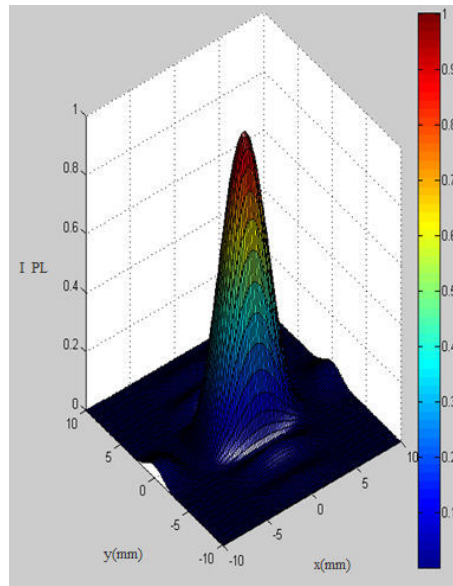


FIGURE 4.4 – Diffraction par une fente ($a=0.1$, et $h=0.2\text{mm}$) en 3D

4.2.1 Diffraction par fente :

Les figures (4.4 et 4.5) représentent la Diffraction par deux fentes ($a=0.1$, et $h=5\text{mm}$) en 2D et 3D. Nous avons augmenté la hauteur h jusqu'à où elle devient très grande devant la longueur d'onde. Pour obtenir la figure de diffraction par une fente,

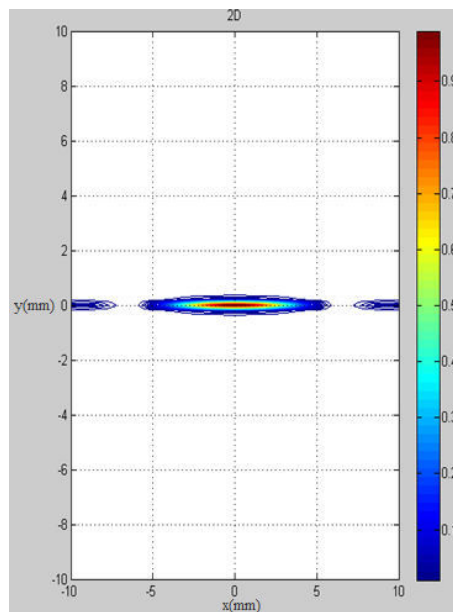


FIGURE 4.5 – Diffraction par une fente ($a=0.1$, et $h=5\text{mm}$) en 2D.

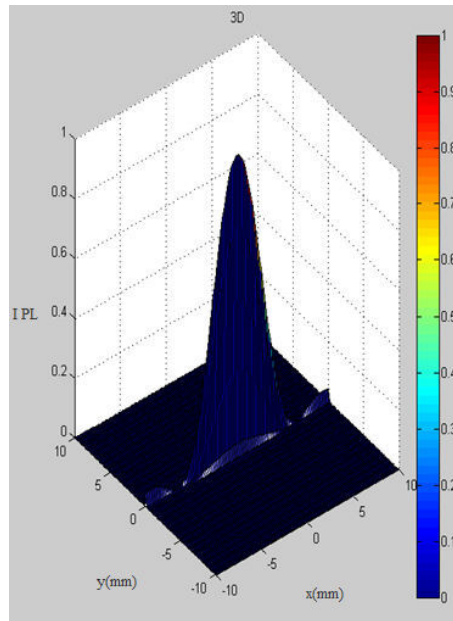


FIGURE 4.6 – Diffraction par une fente ($a=0.1$, et $h=5\text{mm}$) en 3D.

4.2.2 Diffraction par N fente (réseau en transmission) :

Dans Les figures de cette partie on à simuler la diffraction par plusieurs fentes. nous allons utilisé un nombre N de fente différent en conservent les paramètres suivants ; la largeur , hauteur et la distance entre deux fentes successifs affin. Nous terminerons cette partie en faisant une comparaison entre nos résultats obtenus

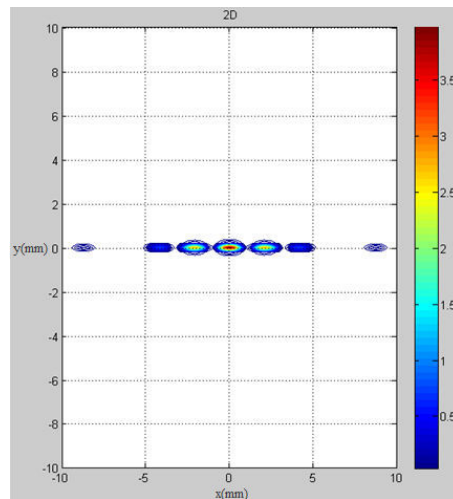


FIGURE 4.7 – Diffraction par deux fentes ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 2D.

D'apprêt la figure (4.7 et 4.8) qui représente l'intensité diffraction par deux fentes ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 2 et 3D, on observe des maxima représentant les modes d'interférence (-2,-1,0, 1, 2) séparés par la même distance $B=2.0\text{mm}$, et ils ont la

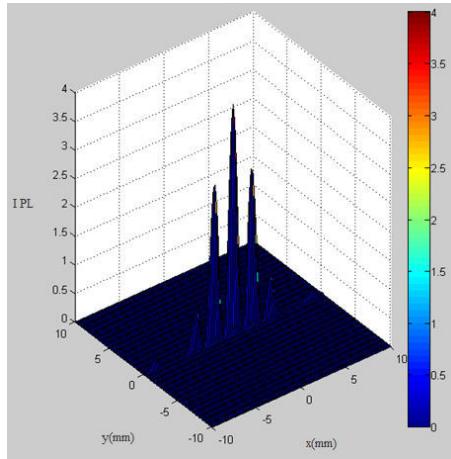


FIGURE 4.8 – Diffraction par deux fentes ($a=0.1$, et $b=0.3mm$) en 3D.

même largeur $A=2.0$ mm. pour calculer les valeurs théoriques :

$$B = \frac{\lambda}{b} = \frac{650 \cdot 10^{-9}}{0.3 \cdot 10^{-3}} = 2.16 \cdot 10^{-3} m = 2.16 mm \quad (4.5)$$

$$A = \frac{2 \cdot \lambda}{L} = \frac{2 \cdot \lambda}{N \cdot b} = \frac{650 \cdot 10^{-9}}{2 \times 0.3 \times 10^{-3}} = 2.16 \cdot 10^{-3} m = 2.16 mm. \quad (4.6)$$

Les figures (4.9 et 4.10) présentent les figures de l'intensité diffractée pour $N=3$, Les valeurs de $a=0.1$, et $b=0.3mm$ et Les valeurs de A et B sont résumées dans le tableau (4.1).

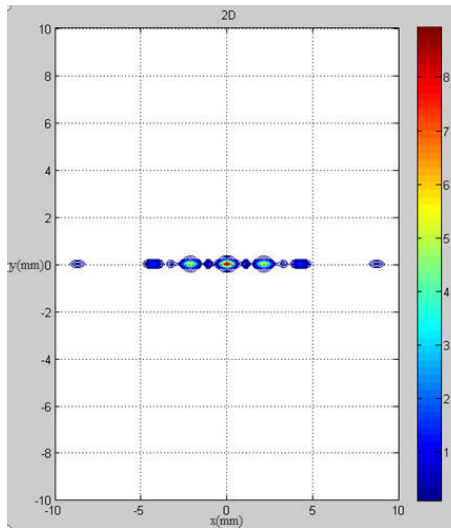


FIGURE 4.9 – Diffraction par 3 fentes ($a=0.1$, et $b=0.3mm$) en 2D.

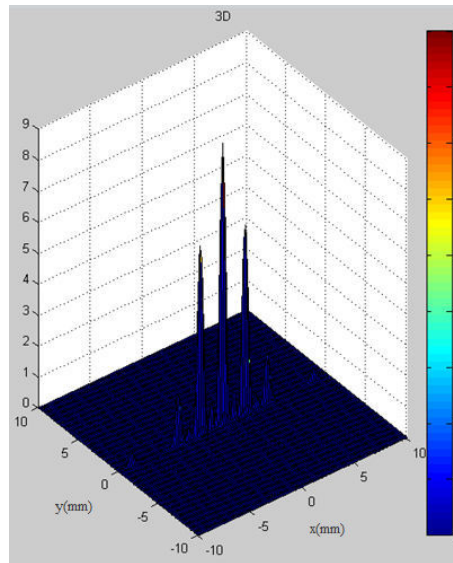


FIGURE 4.10 – Diffraction par 3 fente ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 3D.

Les figures (4.11 et 4.12) présentent les figures de l'intensité diffractée pour $N=5$. Les valeurs de $a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$ et Les valeurs de A et B sont résumé dans le tableau (4.1).

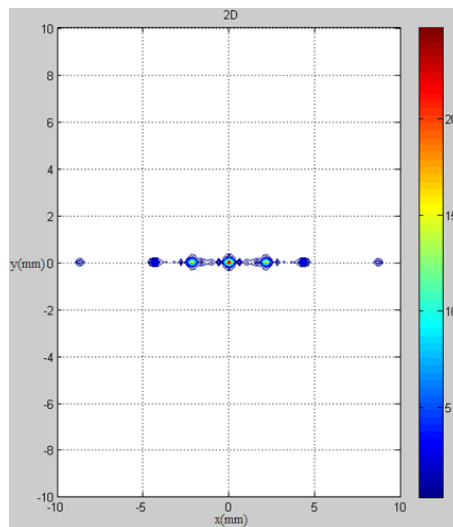


FIGURE 4.11 – Diffraction par 5 fente ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 2D.

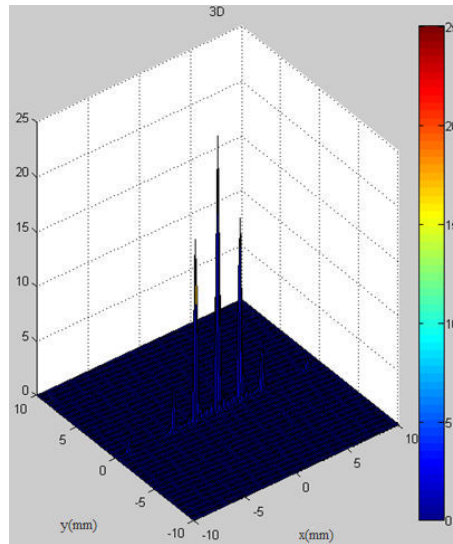


FIGURE 4.12 – Diffraction par 5 fente ($a=0.1$, et $b=0.3mm$) en 3D.

Les figures (4.13, 4.14) présentent les figures de l'intensité diffractée pour $N=10$. Les valeurs de $a=0.1$, et $b=0.3mm$ et Les valeurs de A et B sont résumé dans le tableau (4.1).

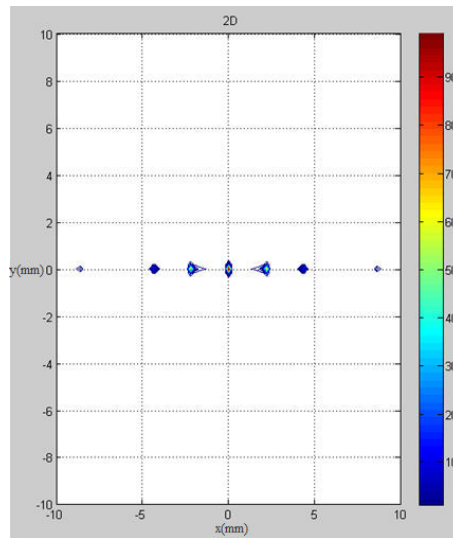


FIGURE 4.13 – Diffraction par 10 fente ($a=0.1$, et $b=0.3mm$) en 2D.

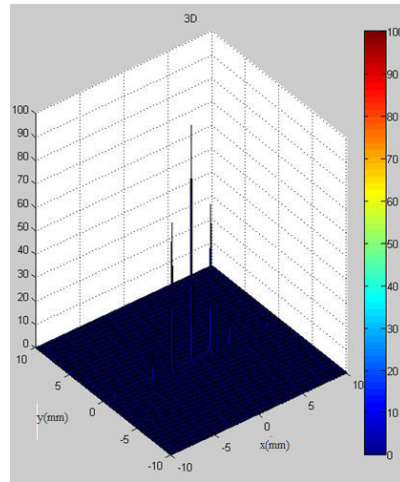


FIGURE 4.14 – Diffraction par 10 fente ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 3D.

Les figures (4.15, 4.16) présentent les figures de l'intensité diffractée pour $N=15$. Les valeurs de $a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$ et Les valeurs de A et B sont résumé dans le tableau (IV.2).

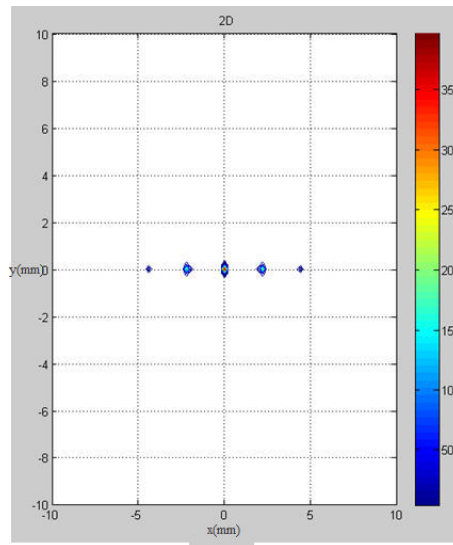


FIGURE 4.15 – Diffraction par 15 fente ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 3D.

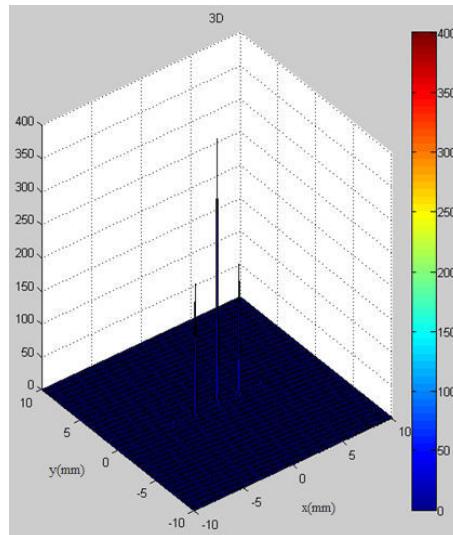


FIGURE 4.16 – Diffraction par 15 fente ($a=0.1$, et $b=0.3\text{mm}$) en 3D.

Nous reportons sur le tableau 4.1, les résultats obtenus pour Comparaison entre les résultats pratiques et théoriques pour différent N. Nous remarquons que ce comportement est en bon accord avec les résultats trouvés dans la littérature

TABLE 4.1 – Comparaison entre les résultats pratiques et théoriques pour différent N.

N	Théorique (mm)		Simulée (mm)	
	A	B	A	B
3	1.144	2.16	1.15	2.2
5	0.86	2.16	0.83	2.2
10	0.43	2.16	0.44	2.2
15	0.216	2.16	0.5	2.2

D'après les résultats obtenus dans le tableau 3 on observe, que les Intensité (I/I_0) Max ont un comportement habituel qui augmente avec l'augmentation de la nombre de N et elles sont estimées entre 3 à 15 et 10 à 350. Ce comportement est en bon accord avec les résultats trouvés dans la littérature

TABLE 4.2 – les Intensité (I/I_0) Max.

N	Simulée (mm)
	Intensité (I/I_0) _{Max}
3	9
5	25
10	100
15	400

4.3 Conclusion :

Les résultats de simulation les principaux résultats obtenus il consiste tracer la figure de diffraction d'un réseau de N fentes (en transmission) à incidence normale, en passant par la diffraction d'une ouverture rectangulaire et une fente. Il résume graphiquement les lois de la diffraction par un réseau plan à fentes.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les réseaux de Bragg sont de plus en plus utilisés dans les systèmes de communications et plus particulièrement dans les émetteurs à diode laser. Ils sont apparus à la fin des années soixante-dix mais ils n'étaient considérés à cette époque que comme une simple curiosité de laboratoire. Ce n'est que quinze ans plus tard, avec la mise au point de techniques de fabrication adaptées à l'industrie, qu'ils ont commencé à se développer.

notre étude porte sur l'interaction lumière laser, d'un point de vue modélisation ainsi que la modélisation des lasers et nous a permis de passer en revue tous les types de réseaux qui sont utilisés dans les lasers ainsi que la technologie qui leur est associée. La réalisation de ce projet a comporté des étapes clés qui sont suivantes :

la théorie de l'optique non linéaire dans les fibres optiques. Dans laquelle, nous introduirons les notions de base à la compréhension du mécanisme de transport de l'information dans les fibres optiques.

La deuxième était concernée par la compréhension des réseaux de Bragg fibré les difficultés ont surgi pour la modélisation .

nous avons écrit un programme en MATLAB qui simule la diffraction d'un réseau plan à fentes. Les résultats de simulation les principaux résultats obtenus il consiste tracer la figure de diffraction d'un réseau de N fentes (en transmission) à incidence normale, en passant par la diffraction d'une ouverture rectangulaire et une fente. Il résume graphiquement les lois de la diffraction par un réseau plan à fentes.

Résumé

Nous présentons dans ce mémoire nos travaux portant sur l'étude des lasers à rétroaction par réseau de Bragg. L'approche consiste à utiliser le réseau de Bragg inscrit dans une diode laser. Le réseau de Bragg est la clé de cette étude. Il permet de sélectionner la longueur d'émission de ces lasers pour qu'ils deviennent des sources monomodes et accordables en fréquence pour des applications en télécommunication optique. Les lasers utilisant ce principe sont : DFB, DBR, et VCSEL

Mots clés : Diode laser, réseau de Bragg, sources, monomode, DFB, DBR, VCSEL.

Abstract

In this thesis, we present our work on the study of Bragg grating feedback lasers. The approach consists in using the Bragg grating inscribed in a laser diode. The Bragg grating is the key to this study. It makes it possible to select the emission length of these lasers so that they become single-mode and frequency-tunable sources for optical telecommunication applications. The lasers using this principle are : DFB, DBR, and VCSEL

Keywords : Laser diode, Bragg grating, sources, single mode, DFB, DBR, VCSEL.